

樹脂複合材料の高熱伝導化技術の紹介

材料技術部門

当センターでは、高熱伝導性樹脂複合材料に関する研究開発を行っています。一般的に、樹脂材料を高熱伝導化するためには、熱伝導率が高いセラミック粒子(熱伝導性フィラー)等を高充填する方法がとられています。今回は、熱伝導性フィラーの特性向上を目的とした複合熱伝導性フィラーの開発と、開発したフィラーを用いて樹脂複合材料の高熱伝導化を検討した事例を紹介いたします。

■ 樹脂材料の高熱伝導化

電子機器の小型化、高集積化、高性能化に伴い、機器の発熱による高温化が重大な問題となっています。それに伴い、樹脂材料には絶縁性だけではなく、高熱伝導化も強く望まれています。

樹脂材料の高熱伝導化のためには、アルミナ(Al_2O_3)、六方晶窒化ホウ素(h-BN)、窒化アルミニウム(AlN)等の高い絶縁性と熱伝導率を備えた熱伝導性フィラーを高充填されています。熱伝導性フィラーを充填した樹脂複合材料の高熱伝導化メカニズムを図1に、樹脂複合材料の熱伝導率予測モデル(Bruggemanの式)を図2に示します。

熱伝導性フィラーを充填していくと、ある充填量から急激に樹脂複合材料の熱伝導率が向上します。これは、樹脂内部で熱伝導性フィラー同士が接触し、フィラー間の接触を介して熱の通り路(伝熱路)が形成されるためです。その際、使用するフィラーの熱伝導率が高いほど、熱を伝えることにより有利であることが分かります。

■ BN被覆による熱伝導性フィラーの特性向上

当センターでは、特にh-BNの特性に注目した熱伝導性フィラーの開発を行っています。

h-BNは鱗片状の粒子で、面内方向の熱伝導率が非常に高く、 $200W/m/K$ 以上とされています。この数値は熱伝導性フィラーの主流となっている Al_2O_3 の7倍近い値です。一方で、厚み方向の熱伝導率は $2\sim 3W/m/K$ であり、非常に低い値となっています。そのため、h-BNを利用する際には、樹脂内部で、h-BNが面方向同士で連続的に接触した充填構造を形成させる必要があります。

そこで、当センターでは、種々のフィラーの表面をh-BNで被覆した複合熱伝導性フィラーの開発を進めています。

図3は Al_2O_3 粒子の表面をh-BNで被覆した複合フィラー(Al_2O_3/h -BN複合フィラー)を走査型電子顕微鏡(SEM)で観察した結果です。(a)のh-BN被覆前の Al_2O_3 の表面が、(b)の被覆後では、h-BNで均一に被覆されていることが分かります。

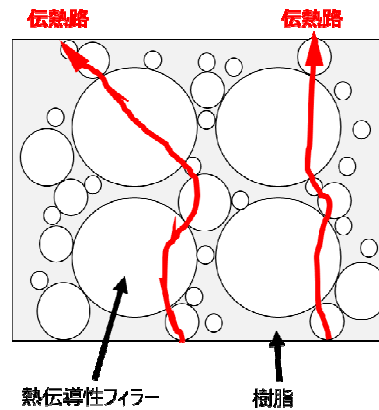


図1 樹脂複合材料の高熱伝導化メカニズム

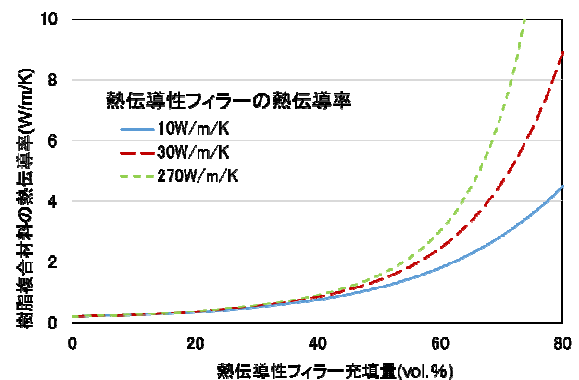
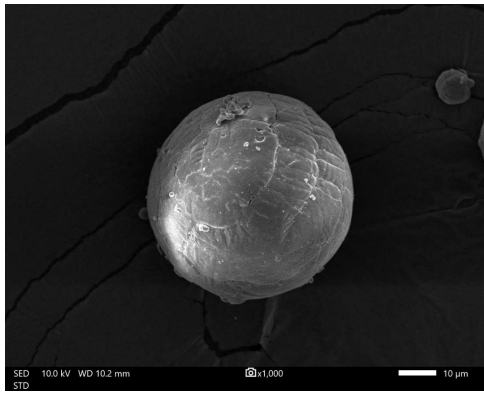


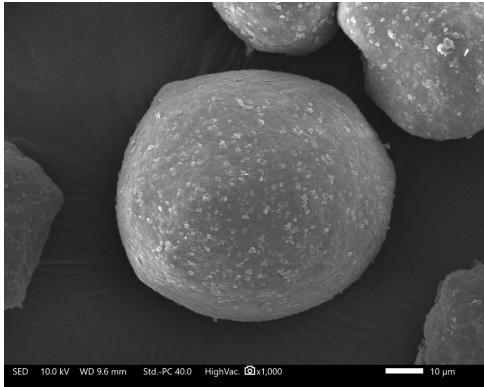
図2 樹脂複合材料の熱伝導率予測モデル

Al_2O_3/h -BN複合フィラーをエポキシ樹脂に60vol.%充填した樹脂複合材料の熱伝導率測定結果を図4に示します。併せて、被覆前の Al_2O_3 、及び同一組成の混合フィラーを充填した樹脂複合材料の熱伝導率も示します。 Al_2O_3/h -BN複合フィラーを用いることで、 Al_2O_3 単独、及び混合フィラーを充填する場合と比較して、大幅に樹脂複合材料の熱伝導率を向上可能であることが分かります。

h-BNで被覆した複合熱伝導性フィラーを充填した樹脂複合材料の高熱伝導化のイメージを図5に示します。複合熱伝導性フィラー同士が樹脂内部で接触すると同時に、h-BNが面内方向同士で連続的に接触した充填構造が形成されるため、熱伝導率が大幅に向上したと考えられます。



(a) h-BN被覆前のAl₂O₃



(b) h-BN被覆後のAl₂O₃

図3 Al₂O₃/h-BN複合フィラーのSEM観察結果

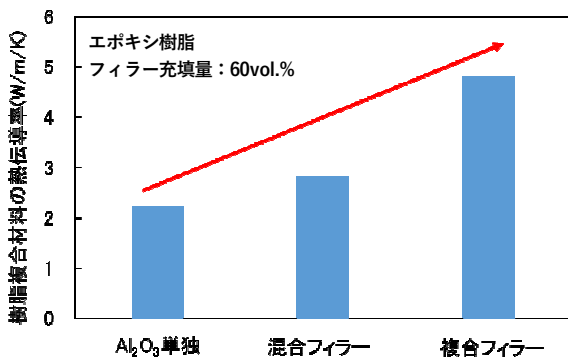


図4 各種フィラーを充填した樹脂複合材料の熱伝導率

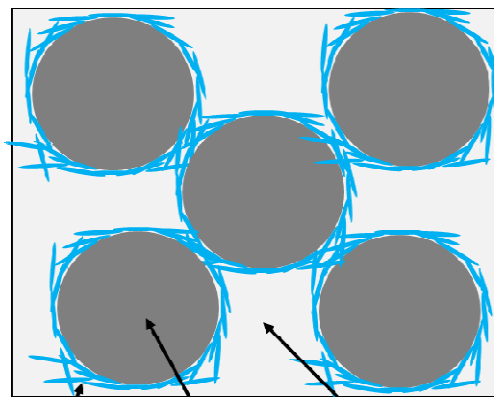


図5 h-BN被覆熱伝導性フィラーを複合した樹脂材料中のフィラー充填構造イメージ

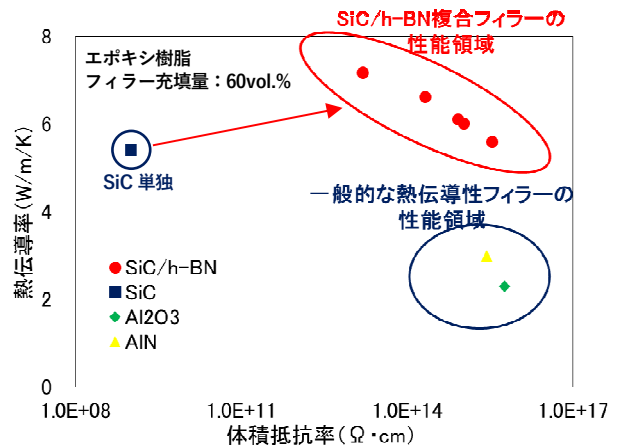


図6 開発したSiC/h-BN複合フィラーの性能

さらに、h-BNは高い絶縁性を有することから、導電性フィラーの表面を被覆することで、高熱伝導かつ絶縁性の被覆層を形成することができると考えられます。そこで、高い熱伝導率を有するものの、半導体であるため絶縁性が低く、熱伝導性フィラーとして使用されてこなかった炭化ケイ素(SiC)の絶縁性改善を目的に、SiC/h-BN複合フィラーの開発に取り組みました。

図6にSiC/h-BN複合フィラー、SiC、Al₂O₃、AlNをそれぞれ、エポキシ樹脂に60vol.%充填した樹脂複合材料の熱伝導率と体積抵抗率の測定結果を示します。開発したSiC/h-BN複合フィラーは、従来の熱伝導性フィラーと比較して高い熱伝導特性を備えつつ、SiCよりも絶縁性が向上していることが分かります。

■ BN被覆熱伝導性フィラーの活用

今回開発した技術を用いることで、様々な組み合わせでh-BN被覆熱伝導性フィラーを作製可能です。熱伝導性フィラーは、TIM(サーマルインターフェース材料)、金属基板絶縁層、放熱シート、放熱グリース用熱伝導性フィラー等、様々な用途での利用が想定されます。

本技術は受託研究、共同研究等で県内企業の皆様にご利用いただくことが可能です。共同開発のご希望や、ご不明な点がございましたら、下記連絡先までお気軽にお問い合わせ下さい。

■ 謝辞

本研究の一部の内容は、JST研究成果展開事業A-STEPトライアウトの支援を受けて実施したものです。

長野県工業技術総合センター
 材料技術部門 材料化学部 村野耕平
 TEL:026-226-2005 FAX:026-291-6243
 E-Mail kogyoshiken@pref.nagano.lg.jp